

VELOCITY MEASURING DEVICE, SPEED MEASURING DEVICE AND METHOD, AND MOVING DIRECTION MEASURING DEVICE AND METHOD

Patent number: JP2002071802

Publication date: 2002-03-12

Inventor: TAKAI TAKUO; IKEUCHI FUMIO; YOSHIO TOSHIHIKO

Applicant: RICOH MICROELECTRONICS CO LTD

Classification:

- International: A63B69/36; G01P3/36; G01P3/42; G01S15/58;
A63B69/36; G01P3/36; G01P3/42; G01S15/00; (IPC1-7): G01S15/58; A63B69/36; G01P3/36; G01P3/42

- european:

Application number: JP20000257226 20000828

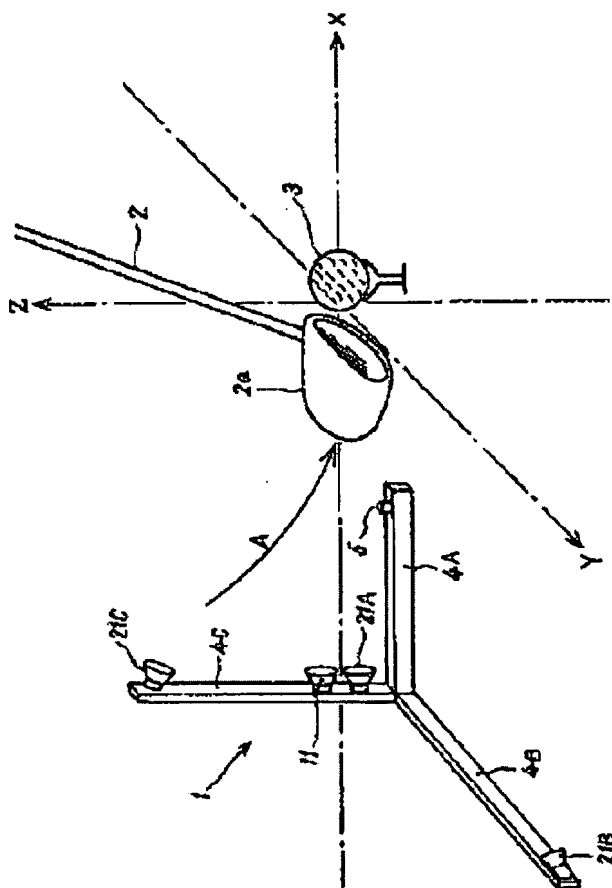
Priority number(s): JP20000257226 20000828

Report a data error here

Abstract of JP2002071802

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a velocity measuring device capable of accurately measuring the actual speed of a measuring object and its moving direction without requiring a complicated composition.

SOLUTION: An ultrasonic wave is transmitted from a transmitter 11 toward an impact point of a ball 3, and a reflected wave from a head portion 2a passing the impact point is received by three receivers 21x, 21y, and 21z. Relative moving velocities of the head portion to each receiver are respectively calculated on the basis of Doppler signal components included in the reflected wave received by each receiver. The relative moving velocities are obtained as velocity component vectors of the head portion in each receiving direction and the velocity component vectors are added to determine a velocity vector of the head portion at the impact point. Magnitude of the velocity vector is used as speed of the head portion and its direction is displayed in a display part as a deviation angle in an X-axis direction in a horizontal plane and an angle to the horizontal plane.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-71802

(P2002-71802A)

(43)公開日 平成14年3月12日(2002.3.12)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 1 S 15/58		G 0 1 S 15/58	5 J 0 8 3
A 6 3 B 69/36	5 4 1	A 6 3 B 69/36	5 4 1 S
G 0 1 P 3/36		G 0 1 P 3/36	E
3/42		3/42	B

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2000-257226(P2000-257226)

(22)出願日 平成12年8月28日(2000.8.28)

(71)出願人 593128172

リコーマイクロエレクトロニクス株式会社
鳥取県鳥取市北村10番地3

(72)発明者 高井 拓夫

鳥取県鳥取市北村10番地3 リコーマイクロエレクトロニクス株式会社内

(72)発明者 池内 史夫

鳥取県鳥取市北村10番地3 リコーマイクロエレクトロニクス株式会社内

(74)代理人 100098626

弁理士 黒田 壽

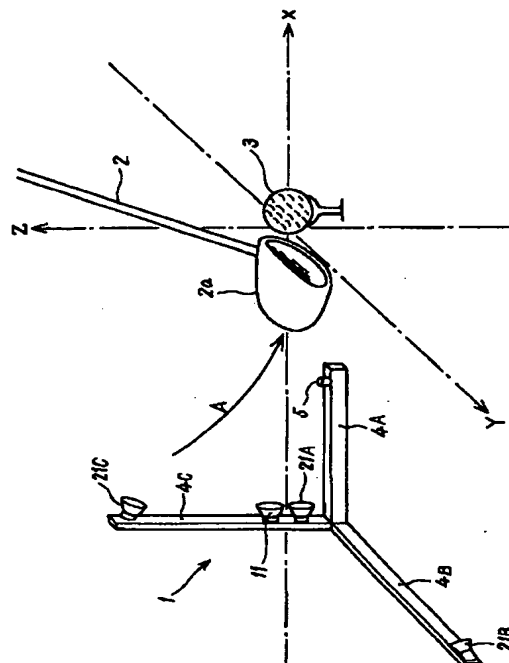
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 速度測定装置、速さ測定装置及びその方法、移動方向測定装置及びその方法

(57)【要約】

【課題】 複雑な構成を必要とせずに、測定対象物の実際の速さを正確に測定することができ、かつ、その移動方向も測定することができる速度測定装置を提供する。

【解決手段】 送波器11から超音波をボール3のインパクト点に向けて送波し、そのインパクト点を通過するヘッド部分2aからの反射波を、3つの受波器21x, 21y, 21zにより受波する。各受波器で受波された反射波に含まれているドップラー信号成分に基づき、各受波器に対するヘッド部分の相対移動速度をそれぞれ算出する。これら相対移動速度は、各受波方向におけるヘッド部分の速度成分ベクトルとして得られ、これら速度成分ベクトルを加算し、インパクト点におけるヘッド部分の速度ベクトルを求める。そして、この速度ベクトルの大きさをヘッド部分の速さとし、かつ、その向きを水平面におけるX軸方向のズレ角及び水平面とのなす角度として表示部に表示する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】所定の測定地点における測定対象物の速さ及びその移動方向を測定する速度測定装置であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を、上記測定地点に向けて送波する送波手段と、上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波手段と、上記複数の受波位置で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出手段と、上記相対速度算出手段により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて、上記測定対象物の速度ベクトルを算出する速度ベクトル算出手段と、上記測定地点における上記測定対象物の速さとなる上記速度ベクトルの大きさを算出する速さ算出手段と、上記測定地点における上記測定対象物の移動方向となる上記速度ベクトルの向きを算出する移動方向算出手段とを有することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 2】請求項 1 の速度測定装置において、上記送波手段は、上記測定地点に向けて波を連続的に送波するものであり、上記測定対象物が上記測定地点に到達したときの測定タイミングを検出する測定タイミング検出手段を有することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 3】請求項 2 の速度測定装置において、上記測定タイミング検出手段により検出された測定タイミングに基づいて、上記相対速度算出手段により算出された相対速度の中から、上記受波位置ごとに、上記測定地点における上記測定対象物からの反射波のドップラー信号成分に基づく相対速度をそれぞれ特定する相対速度特定手段を有し、上記速度ベクトル算出手段は、上記相対速度特定手段により特定された各受波位置での相対速度を用いて、上記測定地点での上記測定対象物の速度ベクトルを算出することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 4】請求項 2 の速度測定装置において、上記測定タイミング検出手段により検出された測定タイミングに基づいて、上記受波手段により受波された反射波のドップラー信号成分の中から、上記受波位置ごとに、上記測定地点における上記測定対象物からの反射波のドップラー信号成分をそれぞれ特定するドップラー信号成分特定手段を有し、上記相対速度算出手段は、上記ドップラー信号成分特定手段により特定された各受波位置でのドップラー信号成分に基づいて、上記相対速度を算出することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 5】請求項 1、2、3 又は 4 の速度測定装置において、上記移動方向算出手段は、上記測定地点における上記測定対象物の予定移動方向を含む所定の基準面に対してその法線方向から上記速度ベクトルを投影して得た投影ベクトルと、該速度ベクトルとのなす角度を算出する対基準面挟角算出手段を有することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 6】請求項 1、2、3 又は 4 の速度測定装置において、上記移動方向算出手段は、上記測定地点における上記測定対象物の予定移動方向を含む所定の基準面に対して、その法線方向から上記速度ベクトルを投影して得た投影ベクトルと、該予定移動方向に向かう予定移動方向ベクトルとのなす角度を算出する対予定移動方向挟角算出手段を有することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 7】請求項 1、2、3、4、5 又は 6 の速度測定装置において、上記受波手段は、上記複数の受波位置に各々配置される受波器を備え、上記各受波器の間の位置関係が変化しないように、該各受波器を支持する受波器支持部材を有することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 8】請求項 7 の速度測定装置において、上記速度ベクトル算出手段は、上記受波器支持部材を、水平面に対して特定の位置関係をもつように配置したときの各受波位置の位置ベクトルに、各受波位置での上記相対速度を乗じて得た相対速度ベクトルに基づいて、上記測定対象物の速度ベクトルを算出するものであり、上記受波器支持部材を実際に配置したとき、上記特定の位置関係をもつように配置したときに水平面と平行になる面と、水平面とのなす角度を計測する水平計測手段と、上記速度ベクトル算出手段による速度ベクトルの算出に利用される上記位置ベクトルを、上記水平計測手段で計測された角度に基づいて、上記受波器支持部材を実際に配置したときの位置ベクトルに補正する位置ベクトル補正手段とを有することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 9】請求項 1、2、3、4、5、6、7 又は 8 の速度測定装置において、上記複数の受波位置と、上記測定地点との位置関係を固定するための位置関係固定手段を有することを特徴とする速度測定装置。

【請求項 10】測定対象物の速さを測定する速さ測定装置であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を測定対象物に向けて送波する送波手段と、上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波手段と、上記複数の受波位置で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出手段と、上記相対速度算出手段により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて得られた上記測定対象物の速度ベクトルの大きさを、該測定対象物の速さとして算出する速さ算出手段とを有することを特徴とする速さ測定装置。

【請求項 11】測定対象物の速さを測定する速さ測定方法であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を測定対象物に向けて送波する送波工程と、上記送波工程で送波された波に対する上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波工程と、上記受波工程で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、そ

れぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出工程と、上記相対速度算出工程により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて得られた上記測定対象物の速度ベクトルの大きさを、該測定対象物の速さとして算出する速さ算出工程とを有することを特徴とする速さ測定方法。

【請求項 12】所定の測定地点における測定対象物の移動方向を測定する移動方向測定装置であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を、上記測定地点に向けて送波する送波手段と、上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波手段と、上記複数の受波位置で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出手段と、上記相対速度算出手段により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて得られた上記測定対象物の速度ベクトルの向きを、上記測定地点における該測定対象物の移動方向として算出する移動方向算出手段とを有することを特徴とする移動方向測定装置。

【請求項 13】所定の測定地点における測定対象物の移動方向を測定する移動方向測定方法であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を、上記測定地点に向けて送波する送波工程と、上記送波工程で送波された波に対する上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波工程と、上記受波工程で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出工程と、上記相対速度算出工程により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて得られた上記測定対象物の速度ベクトルの向きを、上記測定地点における該測定対象物の移動方向として算出する移動方向算出工程とを有することを特徴とする移動方向測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ゴルフスイング中のゴルフクラブヘッド、ピッチャーの投げたボール、走行する自動車等の測定対象物の速さ及び移動方向を測定する速度測定装置、測定対象物の速さを測定する速さ測定装置及びその方法、並びに、測定対象物の移動方向を測定する移動方向測定装置及びその方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、測定対象物の速度を検出する速度測定装置としては、音波や電波等の波を利用して、測定対象物から反射されてきた波を受波して得られたドップラー信号成分に基づき、その測定対象物の速度を測定す

るものが知られている。このような速度測定装置は、そのドップラー信号成分に基づいて、本装置に対する測定対象物の相対速度を演算することで、その測定対象物の速度を測定することができる。この種の速度測定装置としては、ピッチャーが投げるボールのスピードを測定するスピードガン等が知られているが、ゴルフクラブやバットのヘッドスピードを測定するヘッドスピード測定装置等にも利用することが可能である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上述した従来の速度測定装置により測定される測定対象物の速さは、本装置と測定対象物とを結ぶ方向すなわち本装置が測定対象物からの反射波を受波する受波方向についての速さである。このため、測定対象物の実際の速さを測定するためには、本装置を、所定の測定地点における測定対象物の移動方向の延長線上に配置しなければならない。したがって、上記測定地点を通過する測定対象物の移動方向が予め判っていなければ、その測定対象物の実際の速さを正確に測定することができないという問題があった。

【0004】また、測定対象物の種類によっては、その移動方向を知ることが有意義となることがある。例えば、ゴルフスイング中のゴルフクラブヘッドの移動方向、特にボールへのインパクトの瞬間におけるクラブヘッドの移動方向は、ボールの進行方向や球筋等と密接な関係があるため、スイングをチェックする場合に有意義となる。また、ピッチャーが投げたボールの移動方向、例えば、フォークボールの落ちる角度やカーブの曲がる角度等は、ピッチングフォーム等をチェックする上で有意義となる。しかし、上述した従来の速度測定装置は、測定対象物が本装置に対して近づく方向に移動しているのか、あるいは離れる方向に移動しているのかという本装置に対する測定対象物の進行方向を測定することはできないものの、測定対象物がどの方向に向かって移動しているのかという移動方向を測定することはできないという問題もあった。

【0005】このような問題を解決するものとしては、多数のカメラを用いて、複数方向から測定対象物であるゴルフスイング中のゴルフクラブヘッドの画像を高速で撮像し、その画像を画像処理して、そのヘッドスピード及びスイング軌道を測定する速度測定装置が提案されている。この速度測定装置によれば、予め測定対象物の移動方向が判っていなくても、その測定対象物の速さを正確に測定することが可能である。また、例えばインパクト時におけるクラブヘッドの移動方向のように、測定対象物の移動方向を知ることが可能である。しかし、この速度測定装置は、多数のカメラや、撮像した画像を画像処理する画像処理装置を必要とするため、設備が大掛かりになり、コストも増大する。

【0006】本発明は、以上の背景に鑑みなされたもの

であり、第1の目的は、上述した多数のカメラを用いる従来装置のような複雑な構成を必要とせず、測定対象物の実際の速さを正確に測定することができ、かつ、その移動方向も測定することができる速度測定装置を提供することである。また、第2の目的は、予め移動方向が判っていない測定対象物に対しても、上述した多数のカメラを用いる従来装置のような複雑な構成を必要とせず、その測定対象物の正確な速さを測定することができる速さ測定装置及び速さ測定方法を提供することである。また、第3の目的は、上述した多数のカメラを用いる従来装置のような複雑な構成を必要とせず、測定対象物の移動方向を測定することができる移動方向測定装置及び移動方向測定方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、請求項1の発明は、所定の測定地点における測定対象物の速さ及びその移動方向を測定する速度測定装置であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を、上記測定地点に向けて送波する送波手段と、上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波手段と、上記複数の受波位置で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出手段と、上記相対速度算出手段により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて、上記測定対象物の速度ベクトルを算出する速度ベクトル算出手段と、上記測定地点における上記測定対象物の速さとなる上記速度ベクトルの大きさを算出する速さ算出手段と、上記測定地点における上記測定対象物の移動方向となる上記速度ベクトルの向きを算出する移動方向算出手段とを有することを特徴とするものである。

【0008】この速度測定装置においては、送波手段により、音波等の波を測定地点に向けて送波し、その測定地点を通過する測定対象物からの反射波を、受波手段により複数の受波位置で受波する。この受波手段では、測定対象物により各受波方向のドップラーシフトを受けた波が、それぞれの受波位置で受波される。そして、各受波位置で受波された反射波に含まれているドップラー信号成分に基づき、相対速度算出手段により、各受波位置に対する測定対象物の相対速度がそれぞれ算出される。このようにして得られた受波位置ごとの相対速度は、各受波位置と測定地点との位置関係と一緒に、速度ベクトル算出手段による測定対象物の速度ベクトルの算出に利用される。また、各相対速度の相対速度ベクトルは、それぞれ、その相対速度ベクトルと測定対象物の速度ベクトルとのなす角に対する速度ベクトルの余弦成分に相当する。よって、これらの関係から、測定地点における測定対象物の速度ベクトルが得られる。そして、速さ算出

手段により、上記速度ベクトルの大きさを算出することにより、測定地点における測定対象物の実際の速さを求めることができる。更に、移動方向算出手段により、上記速度ベクトルの向きを算出することで、測定地点における測定対象物の移動方向を求めることができる。

【0009】ここで、測定対象物の移動方向を当該速度測定装置の利用者に報知する場合、上記移動方向算出手段により算出された速度ベクトルの向きを、ある基準に従った形で表現し、それを報知することになる。例えば、水平面を基準として、上記速度ベクトルと水平面とのなす角度を測定対象物の移動方向として表現したり、上記速度ベクトルと所定の目標方向とのなす角度を測定対象物の移動方向として表現したりして、利用者に報知する。尚、得られた速度ベクトルの向きを測定対象物の移動方向として報知する際の表現形式、あるいは、得られた速度ベクトルの向きのデータを利用者に報知せずに別のデータ処理に利用する際の出力形式等は、当該速度測定装置の使用目的や測定対象物の運動特性などにより種々選択される。

【0010】また、本請求項の速度測定装置では、測定対象物からの反射波を複数の受波位置で受波するが、その受波位置の数は、2次元平面上を移動する測定対象物に関しては、少なくとも2つ用意する必要があり、3次元空間を移動する測定対象物に関しては、少なくとも3つ用意する必要がある。

【0011】また、請求項2の発明は、請求項1の速度測定装置において、上記送波手段は、上記測定地点に向けて波を連続的に送波するものであり、上記測定対象物が上記測定地点に到達したときの測定タイミングを検出する測定タイミング検出手段を有することを特徴とするものである。

【0012】測定地点での測定対象物の速さ及びその移動方向を測定する場合、その測定地点における測定対象物からの反射波に含まれるドップラー信号成分から、最終的に測定対象物の速度ベクトルを求める必要がある。ここで、測定地点での測定対象物からの反射波に基づくドップラー信号成分を得る方法としては、送波手段からの波を、測定地点に到達したタイミングでピンポイントに測定対象物に向けて送波し、その反射波を受波するという方法がある。しかし、この方法では、測定対象物が高速に移動する場合や、測定対象物が測定地点に到達するタイミングが予め把握できない場合、上記ドップラー信号成分を得るのは極めて困難である。そこで、本請求項の速度測定装置では、送波手段から連続的に波を送波し、その反射波を連続的に受波する。これにより、測定地点でのドップラー信号成分を含む測定地点周辺でのドップラー信号成分を多数サンプリングすることができる。よって、測定対象物が高速に移動する場合等においても、測定地点でのドップラー信号成分を得ることができ

【0013】ここで、測定地点でのドップラー信号成分と、他の地点でのドップラー信号成分との間には、顕著な違いがないため、サンプリングされた多数のドップラー信号成分の中から測定地点でのドップラー信号成分を特定するのは困難である。そこで、本請求項の速度測定装置では、測定タイミング検出手段により、測定対象物が測定地点に到達したときの測定タイミングを検出する。これにより、その測定タイミングに基づいて、サンプリングされた多数のドップラー信号成分の中から、測定地点でのドップラー信号成分を容易に特定することが可能となる。

【0014】また、請求項3の発明は、請求項2の速度測定装置において、上記測定タイミング検出手段により検出された測定タイミングに基づいて、上記相対速度算出手段により算出された相対速度の中から、上記受波位置ごとに、上記測定地点における上記測定対象物からの反射波のドップラー信号成分に基づく相対速度をそれぞれ特定する相対速度特定手段を有し、上記速度ベクトル算出手段は、上記相対速度特定手段により特定された各受波位置での相対速度を用いて、上記測定地点での上記測定対象物の速度ベクトルを算出することを特徴とするものである。

【0015】この速度測定装置においては、測定タイミング検出手段により検出された測定タイミングに基づいて、相対速度特定手段により、各受波位置でそれぞれ受波された反射波のドップラー信号成分に基づく相対速度の中から、測定地点での測定対象物の相対速度を、受波位置ごとにそれぞれ特定する。これにより、速度ベクトル算出手段では、特定された各相対速度及び各受波位置と測定地点との位置関係に基づいて、測定地点での測定対象物の速度ベクトルを算出することができる。

【0016】また、請求項4の発明は、請求項2の速度測定装置において、上記測定タイミング検出手段により検出された測定タイミングに基づいて、上記受波手段により受波された反射波のドップラー信号成分の中から、上記受波位置ごとに、上記測定地点における上記測定対象物からの反射波のドップラー信号成分をそれぞれ特定するドップラー信号成分特定手段を有し、上記相対速度算出手段は、上記ドップラー信号成分特定手段により特定された各受波位置でのドップラー信号成分に基づいて、上記相対速度を算出することを特徴とするものである。

【0017】この速度測定装置においては、測定タイミング検出手段により検出された測定タイミングに基づいて、ドップラー信号成分特定手段により、各受波位置でそれぞれ受波された反射波のドップラー信号成分の中から、測定地点における測定対象物からの反射波のドップラー信号成分を、受波位置ごとにそれぞれ特定する。そして、相対速度算出手段により、特定された各受波位置での反射波のドップラー信号成分に基づいて相対速度を

それぞれ算出する。上記請求項3の速度測定装置では、サンプリングしたドップラー信号成分のすべてについて相対速度を演算しなければならないが、本請求項の速度測定装置では、相対速度の演算を行う前に測定地点でのドップラー信号成分を特定し、その後、特定したドップラー信号成分を用いて相対速度を演算する。したがって、各受波方向について各々1度だけ相対速度の演算を行うだけでよい。

【0018】また、請求項5の発明は、請求項1、2、3又は4の速度測定装置において、上記移動方向算出手段は、上記測定地点における上記測定対象物の予定移動方向を含む所定の基準面に対してその法線方向から上記速度ベクトルを投影して得た投影ベクトルと、該速度ベクトルとのなす角度を算出する対基準面挟角算出手段を有することを特徴とするものである。

【0019】この速度測定装置においては、測定地点における測定対象物の予定移動方向を設定し、対基準面挟角算出手段により、その予定移動方向を含む所定の基準面に対してその法線方向から上記速度ベクトルを投影して得た投影ベクトルを求め、その投影ベクトルと上記速度ベクトル算出手段で得た速度ベクトルとのなす角度を算出する。よって、この速度測定装置によれば、例えば、ボールインパクト地点を測定地点とし、測定対象物であるゴルフスイング中のクラブヘッドの速度測定を行う場合、そのクラブヘッドが、ボールに対し、打撃目標に向かって真っ直ぐで水平に進入する方向を予定移動方向としたとき、上記基準面を水平面とすれば、クラブヘッドが水平面に対して何度ズレたかを測定することができる。

【0020】また、請求項6の発明は、請求項1、2、3又は4の速度測定装置において、上記移動方向算出手段は、上記測定地点における上記測定対象物の予定移動方向を含む所定の基準面に対して、その法線方向から上記速度ベクトルを投影して得た投影ベクトルと、該予定移動方向に向かう予定移動方向ベクトルとのなす角度を算出する対予定移動方向挟角算出手段を有することを特徴とするものである。

【0021】この速度測定装置においては、測定地点における測定対象物の予定移動方向を設定し、対予定移動方向挟角算出手段により、その予定移動方向を含む所定の基準面に対してその法線方向から上記速度ベクトルを投影して得た投影ベクトルを求め、その投影ベクトルと上記予定移動方向に向かう予定移動方向ベクトルとのなす角度を算出する。よって、この速度測定装置によれば、例えば、ボールインパクト地点を測定地点とし、測定対象物であるゴルフスイング中のクラブヘッドの速度測定を行う場合、そのクラブヘッドが、ボールに対し、打撃目標に向かって真っ直ぐで水平に進入する方向を予定移動方向としたとき、上記基準面を水平面とすれば、クラブヘッドが水平方向に何度ズレたかを測定すること

ができる。

【0022】尚、上記請求項5及び上記請求項6の速度測定装置において、予定移動方向及び所定の基準面は、測定の目的や測定対象物の運動特性などにより適宜決定する。

【0023】また、請求項7の発明は、請求項1、2、3、4、5又は6の速度測定装置において、上記受波手段は、上記複数の受波位置に各々配置される受波器を備え、上記各受波器の間の位置関係が変化しないように、該各受波器を支持する受波器支持部材を有することを特徴とするものである。

【0024】上述したように、測定対象物の速さ及び移動方向を求める際に必要とされる測定対象物の速度ベクトルは、測定地点と各受波位置との位置関係を用いて算出される。このため、速度ベクトルを正確に算出するためには、各受波位置と測定地点と間の位置関係を固定した状態で、各受波位置にそれぞれ配置された受波器で測定地点における測定対象物からの反射波を受波しなければならない。よって、測定を開始する前に、すべての受波器を測定地点に対して適切に配置する必要がある。本請求項の速度測定装置では、複数の受波位置に各々配置される複数の受波器を、これらの間の位置関係が変化しないように、受波器支持部材により支持している。よって、各受波器をそれぞれ別個に配置する場合に比べて、各受波器と測定地点との位置関係を固定するのが容易となる。

【0025】また、請求項8の発明は、請求項7の速度測定装置において、上記速度ベクトル算出手段は、上記受波器支持部材を、水平面に対して特定の位置関係をもつように配置したときの各受波位置の位置ベクトルに、各受波位置での上記相対速度を乗じて得た相対速度ベクトルに基づいて、上記測定対象物の速度ベクトルを算出するものであり、上記受波器支持部材を実際に配置したとき、上記特定の位置関係をもつように配置したときに水平面と平行になる面と、水平面とのなす角度を計測する水平計測手段と、上記速度ベクトル算出手段による速度ベクトルの算出に利用される上記位置ベクトルを、上記水平計測手段で計測された角度に基づいて、上記受波器支持部材を実際に配置したときの位置ベクトルに補正する位置ベクトル補正手段とを有することを特徴とするものである。

【0026】この速度測定装置においては、受波器支持部材により、各受波位置に各々配置される複数の受波器の間の位置関係が変化しないように各受波器が支持されているので、その受波器支持部材を水平面に対して特定の位置関係をもつように配置したときにおける各受波位置の位置ベクトルは、予め把握することができる。よって、速度ベクトル算出手段では、予め把握されている各受波位置の位置ベクトルに、各受波位置で得られた測定対象物の相対速度を乗じることで、相対速度ベクトルを

得ることができる。しかし、受波器支持部材を実際に配置したときには、その受波器支持部材が水平面に対する特定の位置関係が崩れることが多い。例えば、受波器支持部材を地面の上に配置した場合、その地面が水平でないときには、その受波器支持部材が水平面に対して傾いた状態で配置され、上記特定の位置関係が崩れてしまう。このように特定の位置関係が崩れた状態では、速度ベクトル算出手段で用いられる位置ベクトルが、実際に配置されたときの位置ベクトルと異なる結果となる。よって、この状態で測定を行うと、速度ベクトル算出手段で算出される速度ベクトルの大きさや向きに誤差が生じ、測定対象物の速さ及びその移動方向を正確に測定することができなくなる。そこで、本請求項の速度測定装置では、受波器支持部材を実際に配置したとき、水平計測手段により、上記特定の位置関係をもつように配置したときに水平面と平行になる面と、水平面とのなす角度を計測する。そして、その角度に基づいて、速度ベクトル算出手段に用いられる位置ベクトルを、受波器支持部材を実際に配置したときの位置ベクトルに補正する。

【0027】また、請求項9の発明は、請求項1、2、3、4、5、6、7又は8の速度測定装置において、上記複数の受波位置と、上記測定地点との位置関係を固定するための位置関係固定手段を有することを特徴とするものである。

【0028】この速度測定装置においては、上記複数の受波位置と上記測定地点との位置関係が、位置関係固定手段により固定されている。よって、測定を開始する前に、測定地点に対して受波手段による受波位置を適切に決定するための作業が必要なくなる。

【0029】上記第2の目的を達成するために、請求項10の発明は、測定対象物の速さを測定する速さ測定装置であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を測定対象物に向けて送波する送波手段と、上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波手段と、上記複数の受波位置で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出手段と、上記相対速度算出手段により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて得られた上記測定対象物の速度ベクトルの大きさを、該測定対象物の速さとして算出する速さ算出手段とを有することを特徴とするものである。

【0030】この速さ測定装置においては、上記請求項1と同様に、各受波位置での相対速度および各受波位置と測定地点との位置関係に基づいて得られる測定対象物の速度ベクトルの大きさを、測定対象物の速さとして算出する。

【0031】また、請求項11の発明は、測定対象物の速さを測定する速さ測定方法であって、所定周波数の基

準信号に基づいて生成された波を測定対象物に向けて送波する送波工程と、上記送波工程で送波された波に対する上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波工程と、上記受波工程で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出工程と、上記相対速度算出工程により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて得られた上記測定対象物の速度ベクトルの大きさを、該測定対象物の速さとして算出する速さ算出工程とを有することを特徴とするものである。

【0032】この速さ測定方法は、上記請求項10の速度測定装置の各手段で行われる各処理を実行して、測定対象物の速さを得ることができる。

【0033】上記第3の目的を達成するために、請求項12の発明は、所定の測定地点における測定対象物の移動方向を測定する移動方向測定装置であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を、上記測定地点に向けて送波する送波手段と、上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波手段と、上記複数の受波位置で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出手段と、上記相対速度算出手段により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて得られた上記測定対象物の速度ベクトルの向きを、上記測定地点における該測定対象物の移動方向として算出する移動方向算出手段とを有することを特徴とするものである。

【0034】この移動方向測定装置においては、上記請求項1と同様に、各受波位置での相対速度および各受波位置と測定地点との位置関係に基づいて得られる測定対象物の速度ベクトルの向きを、測定地点における測定対象物の移動方向として算出する。

【0035】また、請求項13の発明は、所定の測定地点における測定対象物の移動方向を測定する移動方向測定方法であって、所定周波数の基準信号に基づいて生成された波を、上記測定地点に向けて送波する送波工程と、上記送波工程で送波された波に対する上記測定対象物からの反射波を受波する受波方向が互いに異なる複数の受波位置で、該反射波を受波する受波工程と、上記受波工程で受波された各反射波のドップラー信号成分に基づいて、それぞれの受波方向における上記測定対象物の相対速度を算出する相対速度算出工程と、上記相対速度算出工程により算出された各相対速度および上記各受波位置と上記測定地点との位置関係に基づいて得られた上記測定対象物の速度ベクトルの向きを、上記測定地点における該測定対象物の移動方向として算出する移動方向算出工程とを有することを特徴とするものである。

【0036】この移動方向測定方法においては、上記請求項12の移動方向測定装置の各手段で行われる各処理を実行して、測定地点における測定対象物の移動方向を得ることができる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、ゴルフスイング中において、測定対象物であるゴルフクラブヘッドがボールにインパクトする瞬間のクラブヘッドの速さ及びその移動方向を測定する速度測定装置としてのヘッド速度測定装置（以下、単に「測定装置」という。）に適用した一実施形態について説明する。この測定装置は、速さ測定装置及び移動方向測定装置としても利用することができる。

【0038】まず、本実施形態に係る測定装置の一部であるセンサ装置の構成について説明する。図1は、本実施形態におけるセンサ装置1の概略構成を示す外観図である。このセンサ装置1は、プレイヤーがゴルフクラブ2をスイングするときに、ボール3の後方側に位置する場所に配置されている。プレイヤーがゴルフクラブ2をスイングしたとき、そのクラブヘッド2aは図中矢印Aに示す方向からボール3に向かって移動してくる。そして、プレイヤーは、インパクトした瞬間のクラブヘッド2aが図中1点鎖線で示す予定移動方向としてのX軸方向に向かって移動するようにスイングを行う。尚、以下の説明の便宜上、クラブヘッド2aのフェイスが当たるべきボール3表面を測定地点であるインパクト点と称し、図1に、そのインパクト点を原点とした直交座標系（図中1点鎖線）を示す。

【0039】上記センサ装置1は、互いに直交する方向に延びる受波器支持部材としての3つのアーム4A、4B、4Cを備えている。これらアームのうち、第1アーム4A及び第2アーム4Bは、地面に接触して当該センサ装置1を支持する。この状態において、第3アーム4Cは、地面に対して垂直方向上方に向かって延びた状態となる。また、このセンサ装置1は、上記第1アーム4Aが図中X軸方向を鉛直方向から地面に投影したときの投影線の延長線上に位置するようにセットされている。このセンサ装置1は、受波手段を構成する第1受波器21Aとボール3との間の距離が1mとなるように、センサ装置1をボール3に対して固定している。また、このセンサ装置1の第1アーム4Aの端部には、測定を開始するためのスタートボタン5が設けられている。

【0040】上記センサ装置1において、上記第3アーム4Cには、送波手段を構成する1つの送波器11が設けられている。この送波器11は、ボール3よりも僅かに高い位置に配置されており、上記第1アーム4Aの長手方向に対して略平行な方向に超音波を送波する。また、上記第3アーム4Cには、ボール3とはほぼ同じ高さに配置された第1受波器21Aと、その第3アーム4Cの長手方向端部に配置された第3受波器21Cとを備え

ている。この第3受波器21Cは、上記第1受波器21Aよりも50cm高い位置に配置されている。また、上記第2アーム4Bの長手方向端部には、第2受波器21Bが設けられている。この第2受波器21Bは、上記第1受波器21Aよりも5cm低い位置であって、上記第3アーム4Cの軸線から50cm離れた位置に配置されている。

【0041】図2は、本実施形態に係る測定装置全体の概略構成を示すブロック図である。この測定装置は、送波手段としての超音波送波部10と、受波手段としての3つの超音波受波部20と、測定タイミング検出手段としての衝撃音検出回路31と、各部を制御するとともに各種信号を演算処理するための信号処理部40と、報知手段としての表示器50とを備えている。以下、各部の構成及び動作について説明する。

【0042】上記超音波送波部10では、所定周波数 F_0 の基準信号に基づいて超音波をボール3付近に向けて連続的に送波する。この超音波送波部10は、所定周波数 F_0 の基準信号を発生させるための基準発振器12と、該基準信号を所定レベルにまで増幅する出力増幅器13と、該出力増幅器で増幅された所定の電気信号を超音波に変換する送波器11とを備えている。

【0043】上記超音波受波部20では、超音波送波部10から送波された超音波が移動中のクラブヘッド2aに反射され、その戻ってきた反射波を含む超音波を受波し、受波した超音波による受信信号の中からドップラー信号成分を抽出する。この超音波受波部20は、上記3つの受波器21A、21B、21Cに対して、それぞれ設けられている。各超音波受波部20は、すべて同じ構成であるので、以下、第1受波器21Aを有する第1超音波受波部20Aについてのみ説明し、他の超音波受波部20B、20Cについての説明は省略する。

【0044】第1超音波受波部20Aにおいて、第1受波器21Aで受波された超音波は、電気信号に変換された後、プリアンプ22によって増幅されてノッチフィルタ23に入力される。このノッチフィルタ23は、その減衰帯域の中心周波数が基準周波数 F_0 に設定されている。これにより、送波器11から直接伝搬した強い超音波を減衰させて、クラブヘッド2aからの微弱な反射波を受波した超音波の中から効率よく抽出することができる。ノッチフィルタ23としては、例えば、ローパスフィルタ及びハイパスフィルタのカットオフ周波数を同じにしたものを並列に組み合わせて構成したものを利用することができる。この場合、比較的Qの高い特性を得ることができる。尚、このノッチフィルタ23の基本波信号成分に対する減衰率は、後段の回路において所定の信号処理を行えるように適宜設定される。

【0045】ノッチフィルタ23を通過することにより得られた受信信号の反射波信号成分は、アンプ24により増幅された後、フィルタ群25により、その反射波信

号成分の中からドップラーシフトを受けた反射波信号成分がとり得る周波数をもつドップラー信号成分が抽出される。フィルタ群25は、クラブヘッド2aからの反射波によるドップラー信号成分がとり得る周波数帯域を5つに分割して得られた5つの周波数帯域HH、HL、M、LH、LLのみをそれぞれ通過させる5個のバンドパスフィルタBPF1、BPF2、BPF3、BPF4、BPF5から構成されている。アンプ24から出力されて5つに分岐された反射波信号成分は、上記各バンドパスフィルタBPF1、BPF2、BPF3、BPF4、BPF5にそれぞれ入力される。そして、各バンドパスフィルタを通過したそれぞれの帯域信号 Se ($Se_{HH} \sim Se_{LL}$)は、信号検出器群26及び出力選択器28に出力される。尚、フィルタ群25に設けられるバンドパスフィルタの個数は、5個に限定されるものではなく、測定速度範囲や要求される測定精度に応じて適宜決定される。

【0046】上記フィルタ群25を通過した各帯域信号 Se は信号検出器群26に入力される。この信号検出器群26は、フィルタ群25に設けられたバンドパスフィルタの個数に対応した5つの信号検出器から構成されている。これら信号検出器は、各信号検出器において予め設定されている閾値よりも、対応するバンドパスフィルタから出力された帯域信号 Se の方が大きな信号レベルをもつ場合に、検出信号 Sf を信号選択部27に出力する。

【0047】また、フィルタ群25を通過した各帯域信号 Se は、出力切換器28にも入力される。この出力切換器28は、信号選択部27の制御の下、入力された帯域信号 Se のうちの1つの信号 Sh を周波数カウンタ29に出力する。ここで、信号選択部27は、信号検出器群26から出力された検出信号 Sf の中から最も周波数の低い検出信号を選択し、出力切換器28を制御して、選択した検出信号 Sf に対応する帯域信号 Sh を周波数カウンタ29に出力させる。すなわち、この信号選択部27は、第1受波器21Aによって受波した超音波のドップラー信号成分の中から最も周波数が低いものを選択する。このようにドップラー信号成分の中から最も低い周波数を選択するのは、第1受波器21Aで受波される超音波のドップラー信号成分が必ずしもクラブヘッド2aからのもののみであるとは限らず、例えば、プレイヤーの身体で反射した反射波やクラブのシャフト部分で反射した反射波等のドップラー信号成分も含まれている。ここで、測定対象物であるクラブヘッド2aは、本実施形態における測定範囲内に存在する反射対象物の中で最も速度が速いと考えられるので、検出されたドップラー信号成分の中で最も低い周波数のものを選択することで、クラブヘッド2aからの反射波に基づくドップラー信号成分を得ることができる。

【0048】尚、本実施形態では、上記基準信号の周波

数 F_o を40kHzとし、測定速度範囲を15~60m/sに設定しているため、ドップラーシフトを受けた反射波信号成分がとり得る周波数帯域は、28.192kHz~36.680kHzとなる。よって、フィルタ群25のバンドパスフィルタBPF1、BPF2、BPF3、BPF4、BPF5は、この周波数範囲を5つに分割したときの各周波数帯域幅を通過帯域としてそれぞれ有している。

【0049】上記出力切換器28から出力された帯域信号 S_h に基づく周波数 F_i は、周波数カウンタ29によりサンプリングされ、その周波数データはメモリ30に格納される。これにより、メモリ30には、移動するクラブヘッド2aの各時刻における位置から反射されたドップラー信号成分に基づく周波数データが逐次格納される。尚、ここでサンプリングされる周波数 F_i は、第1受波器21Aからクラブヘッド2aに向かう受波方向におけるドップラーシフトを受けたものである。同様に、第2受波器21B及び第3受波器21Cを有する第2超音波受波部20B及び第3超音波受波部20Cのメモリには、各受波器からクラブヘッド2aに向かう受波方向におけるドップラーシフトを受けた周波数データがそれぞれ格納される。

【0050】上記衝撃音検出回路31は、上記第1超音波受波部20Aのアンプ24から出力される反射波信号成分を受け取り、この反射波信号成分に含まれるクラブヘッド2aがボール3に衝突したときの衝撃音を検出するための回路である。アンプ24から出力される反射波信号成分は、受信信号の中から40kHz付近の周波数をもつ信号が排除されたものである。よって、クラブヘッド2aがボール3に衝突したとき、アンプ24からは、その衝撃音による衝撃音信号も含まれた形の反射波信号成分が出力される。この衝撃音信号は、クラブヘッド2aからの反射波によるドップラー信号成分に比べて非常に大きいレベルをもつ信号であるため、上記衝撃音検出回路31では、所定の閾値を超えるレベルをもつ信号のみを検出するコンパレータで構成することができる。

【0051】上記信号処理部40は、CPU等により構成された演算部41と、この演算部41が実行するプログラムを格納したROM42とを備えている。3つの超音波受波部20A、20B、20Cの各メモリ30に格納されている周波数データは、ROM42に格納されている速度演算プログラムを実行する演算部41により読み取られ、その周波数データに対応する速度データを算出する。また、この信号処理部40では、演算部41がROM42に格納されている各種プログラムを実行することにより、当該測定装置の各部を制御する。

【0052】次に、上記測定装置を用いて、ボール3にインパクトする瞬間におけるゴルフクラブ2のクラブヘッド2aの速さ及びその移動方向を測定する測定方法に

ついて説明する。

【0053】図3は、上記インパクト点を原点とした直交座標系における各受波器21A、21B、21Cの位置を示す説明図である。この直交座標系は、図1の1点鎖線で示した直交座標系と同じである。図3において、A点は、第1受波器21Aによる受波位置を示し、B点は、第2受波器21Bによる受波位置を示し、C点は、第3受波器21Cによる受波位置を示している。上記センサ装置1は、ボール3に対して予め固定配置されているため、各受波器21A、21B、21Cとインパクト点との位置関係は予め決定されている。すなわち、第1受波器21Aの受波位置は、上記直交座標系において(-1, 0, 0)の座標に位置することになる。また、第2受波器21Bの受波位置は、(-1, 0.5, -0.05)の座標に、第3受波器21Cの受波位置は、(-1, 0, 0.5)の座標に、それぞれ位置することになる。この直交座標系における成分の単位は、m(メートル)であり、以下、適宜省略する。

【0054】測定を開始する場合、プレイヤーは、ゴルフクラブ2を持ってボール3に対してアドレスをとり、図1に示した上記センサ装置1の第1アーム4Aの端部に設けられたスイッチ5をクラブヘッド2aで押す。これにより、図2に示すように、そのスイッチ5から上記信号処理部40の演算部41に測定開始信号が出力される。演算部41は、この測定開始信号を受け取ることによって、ROM42に格納された測定実行プログラムを実行して、測定を開始する。

【0055】図4は、測定実行プログラムを実行する演算部41の処理動作を示すフローチャートである。演算部41は、上記スイッチ5から測定開始信号を受け取ると、上記超音波送波部10の基準発振器12に基準信号の生成を開始させるための送波開始命令を出力する(S1)。これにより、上記送波器11から約40kHzの超音波がボール3付近に向けて、連続的に出力される。そして、プレイヤーがゴルフクラブ2をスイングすると、移動中のクラブヘッド2aからの反射波が、各受波器21A、21B、21Cでそれぞれ受波される。各受波器21A、21B、21Cで受波された超音波は、各超音波受波部20A、20B、20Cで処理され、周波数データがそれぞれのメモリ30に順次格納される。このようにして、各超音波受波部20A、20B、20Cでドップラー信号成分の周波数データがサンプリングされる。

【0056】プレイヤーのスイングにより、ゴルフクラブ2のクラブヘッド2aがボール3に衝突すると、その衝突音が発せられる。この衝突音は、各受波器21A、21B、21Cで受波されるが、上記衝撃音検出回路31で検出されるのは、第1受波器21Aで受波した衝撃音のみである。衝撃音検出回路31は、その衝撃音信号を検出した瞬間に、上記信号処理部40の演算部41に

衝撃音検出信号を出力する。

【0057】演算部41は、衝撃音検出信号を受信すると(S2)、まず、第1受波器21Aの超音波受波部20Aにおける周波数カウンタ29に周波数データのサンプリングを中止させるためのサンプリング中止命令を出力する(S3)。これにより、第1超音波受波部20Aにおいて、周波数データのメモリ30への格納が中止される。ここで、第1受波器21A、第2受波器21B、第3受波器21Cの間では、インパクト点からの距離がそれぞれ異なる。具体的には、第1受波器21Aは1m、第2受波器21Bは1.119m、第3受波器21Cは1.118mである。このため、第1受波器21Aが衝撃音を受波したタイミングで他の超音波受波部20B、20Cの周波数カウンタ29にサンプリング中止命令を出力すると、これら他の超音波受波部20B、20Cにおいて、インパクト直前のクラブヘッド2aからの反射波を受波することができなくなる。

【0058】そこで、上記演算部41は、各受波器21A、21B、21C間におけるインパクト点との距離の違いに応じて、各超音波受波部20A、20B、20Cの周波数カウンタ29へのサンプリング中止命令を順次出力する。具体的には、第1超音波受波部20Aの周波数カウンタ29にサンプリング中止命令を出力した後、0.3437ms後に第2超音波受波部20Bの周波数カウンタ29に、0.3227ms後に第3超音波受波部*

$$v_a = c \cdot (F_{iA} - F_o) / (F_{iA} + F_o)$$

$$v_b = c \cdot [1 - (2F_{iA} \cdot F_o) / \{(F_{iA} + F_o) \cdot F_{iB}\}]$$

$$v_c = c \cdot [1 - (2F_{iA} \cdot F_o) / \{(F_{iA} + F_o) \cdot F_{iC}\}]$$

【0062】上記数1に示す演算式で使用する音速cは気温によって変動するので、正確な速度測定を行うためには、この気温による音速変動を補正するのが望ましい。そこで、本実施形態では、図示しない温度計測器によって計測された気温に基づいて、下記の数2に示す演算式から正確な音速を算出し、上記数1の演算式で使用する音速cを補正する。尚、下記の数2に示す演算式中の記号tは、上記温度計測器によって計測される気温を示している。

【0063】

【数2】

$$c = 331.5 + 0.6 \cdot t \quad [\text{m/s}]$$

【0064】次に、上記ROMに格納されている位置座標※

$$V_x = \frac{\begin{vmatrix} h & a_2 & a_3 \\ i & b_2 & b_3 \\ j & c_2 & c_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}}$$

$$V_y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & h & a_3 \\ b_1 & i & b_3 \\ c_1 & j & c_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}}$$

$$V_z = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & h \\ b_1 & b_2 & i \\ c_1 & c_2 & j \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}}$$

【数4】

*部20Cの周波数カウンタ29に、それぞれ出力される(S4、S5)。

【0059】このようにして、すべての超音波受波部20でのサンプリングを終了したら、演算部41は、各超音波受波部20A、20B、20Cのメモリ30の最終アドレスに格納されている周波数データを読み出す(S6)。この周波数データは、インパクト直前のクラブヘッド2aからの反射波に対応するものである。そして、その読み出した各周波数データを用いて、ROM42に格納された速度ベクトル算出プログラムを実行する(S7)。

【0060】上記速度ベクトル算出プログラムを実行する演算部41は、読み出した各周波数データ F_{iA} 、 F_{iB} 、 F_{iC} と、上記超音波送波部10の基準発振器12から出力される基準周波数 F_o とから、下記の数1に示す演算式に基づいて、各受波器21A、21B、21Cと、上記インパクト点(原点)とを結ぶ直線上における速度ベクトルVの余弦成分 v_a 、 v_b 、 v_c を求める。ここで、下記の数1に示す演算式中の記号cは音速を示している。尚、本実施形態では、送波器11は、第1受波器21Aとほぼ同じ位置に配置されているので、これらを同位置とみなしている。

【0061】

【数1】

※ 標データテーブルから、図3に示した各受波器21A、21B、21Cの位置座標データを読み出す。これら位置座標データを、それぞれ、第1受波器21Aについて(a_1 , a_2 , a_3)、第2受波器21Bについて(b_1 , b_2 , b_3)、第3受波器21Cが(c_1 , c_2 , c_3)とする。これら位置座標データを用い、下記の数3に示す演算式を演算することで、速度ベクトルVの直交座標成分(v_x , v_y , v_z)を算出することができる。尚、下記の数3の演算式中、記号h、i、jは、下記の数4に示すとおりである。

【0065】

【数3】

$$\begin{aligned} h &= |v_a| \cdot \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} \\ i &= |v_b| \cdot \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2} \\ j &= |v_c| \cdot \sqrt{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2} \end{aligned}$$

【0066】上記数3及び上記数4により得られた速度*

$$|V| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

【0068】また、上記速度ベクトルVの向き、すなわち、インパクトの瞬間における上記クラブヘッド2aの移動方向について求める。この移動方向は、上記予定移動方向であるX軸方向を含む水平面を所定の基準面として求められる。

【0069】図6は、上記速度ベクトルVの向きを説明するための説明図である。本実施形態では、プレイヤーがスイングしたときに、クラブヘッド2aが予定移動方向から水平方向にどのくらい外れたかを測定する。すなわち、下記の数6に基づいて、上記速度ベクトルVをXY平面上に投影したXY投影ベクトルV'と、予定移動方向としたX軸方向とのなす角 ρ を算出する。また、下記の数7に基づいて、上記XY投影ベクトルV'と上記速度ベクトルVとのなす角 σ を算出し、インパクト直前のクラブヘッド2aの移動方向が水平面に対してどのくらいズレているかを求める。

【0070】

$$\text{【数6】 } \rho = \tan^{-1} (v_y / v_x)$$

【数7】

$$\sigma = \tan^{-1} (v_z / \sqrt{v_x^2 + v_y^2})$$

【0071】以下、具体的な数値をもとに、上記演算部41により行われる上記数1乃至上記数7に示した演算方法について説明する。各受波器21A、21B、21Cの位置座標は、図3にも示したように、第1受波器21AがA(-1, 0, 0)、第2受波器21BがB(-1, 0.5, -0.05)、第3受波器21CがC(-1, 0, 0.5)である。送波器11から送波される超音波の周波数F_oを40kHz、気温tを25℃とすると、音速cは、346.5m/sとなる。

【0072】各超音波受波部20A、20B、20Cのメモリ30の最終アドレスから読み出された各周波数データF_{1a}、F_{1b}、F_{1c}が、それぞれ、31755、869Hz、32160、398Hz、32236、689Hzであったとする。このとき、速度ベクトルVの各受波方向の余弦成分v_x、v_y、v_zは、上記数1により、それぞれ、-39.810m/s、-34.951m/s、-34.048m/sとなる。

【0073】これにより、各速度ベクトル成分v_x、

v_y、v_zは、上記数3及び上記数4により、それぞれ、

*ベクトル成分v_x、v_y、v_zから、速度ベクトルVの大きさ|V|は、下記の数5に示す演算式により求めることができる。

【0067】

【数5】

39.810m/s、1.738m/s、3.486m/sと求められる。よって、速度ベクトルVの大きさ|V|、並びに、X軸方向とXY投影ベクトルV'とのなす角 ρ 、及び速度ベクトルVとXY投影ベクトルV'とのなす角 σ は、上記数5、上記数6及び上記数7により、それぞれ、下記の数8、数9及び数10に示すとおりとなる。

【0074】

$$\text{【数8】 } |V| = 40.000 \text{ [m/s]}$$

$$\text{【数9】 } \rho = 2.50 \text{ [deg]}$$

$$\text{【数10】 } \sigma = 5.00 \text{ [deg]}$$

【0075】上記数8に示す速度ベクトルVの大きさ|V|は、インパクトの瞬間における上記クラブヘッド2aの速さを示すものである。よって、この算出結果は、上記演算部41が図4に示す表示処理を行うことにより(S8)、ヘッドスピードとして、上記表示器50に表示される。

【0076】また、上記数9の算出結果は、インパクトの瞬間におけるクラブヘッド2aの移動方向が、水平方向において予定移動方向であるX軸方向から2.50度ズレていることを意味している。また、この算出結果が正の値であるので、上記XY投影ベクトルV'はY軸方向の正側に向いていることがわかる。以上より、インパクトの瞬間のクラブヘッド2aは、インパクト点に対し、予定移動方向から2.50度の角度をもって、プレイヤーの体の近い側から遠い側に向かって移動してきたことがわかる。すなわち、このプレイヤーは、インサイドアウトのスイングをしていることになる。この結果は、上記演算部41が図4に示す表示処理を行うことにより(S8)、水平方向におけるボール3への進入角度として、上記表示器50に表示される。

【0077】また、上記数10の算出結果は、インパクトの瞬間におけるクラブヘッド2aの移動方向が、水平面に対し、5.00度ズレていることを意味している。また、この算出結果が正の値を示しているため、インパクト直前のクラブヘッド2aは、インパクト地点に向かって、水平面に対し5.00度の角度をもって、下側から上側に向かって移動してきたことがわかる。すなわち、このプレイヤーは、アッパーブローのスイングをしていることになる。この結果は、上記演算部41が図4

に示す表示処理を行うことにより（S8）、高さ方向におけるボール3への進入角度として、上記表示器50に表示される。

【0078】以上、本実施形態によれば、ゴルフクラブ2のクラブヘッド2aがボール3にインパクトする瞬間の速さ及び進入角度を正確に測定することができ、プレイヤーは、表示器50に表示される測定結果を見て、スイングをチェックすることができる。また、本実施形態に係る測定装置は、1つの送波器及び複数の受波器、受波した反射波の周波数に基づく演算処理を行う演算器等により構成することができるので、コストが低く、小規模化を図ることができる。

【0079】ところで、本実施形態では、測定装置をゴルフ練習場やゴルフ用品店等に設置する場合を想定し、ボール3を載せるティーと、センサ装置1とが固定配置されている。よって、測定地点であるインパクト点と、各受波器21A、21B、21Cによる受波位置との位置関係が予め決定されている。このため、演算部41が上記測定実行プログラムを実行する際に使用する各受波位置の位置座標は、ROM42に格納されている位置座標データをそのまま利用している。しかし、上記測定装置をプレイヤーが持ち運んで使用することができる構成とする場合、上記位置座標は、センサ装置1の配置の仕方により変更されるので、ROM42内の位置座標データをそのまま利用することができない。このような場合に対応するため、上記測定装置にタッチパネルやテンキー等の入力手段を設け、プレイヤーに各位置座標データを入力させる構成としてもよい。例えば、ボール3を載せるティーと第1受波器21Aとの距離を入力させるようにする。これによれば、その距離から各受波位置の位置座標を算出し、インパクト点におけるクラブヘッド2aの速さ及びその移動方向を求めることができる。

【0080】また、図7に示すように、上記センサ装置1の第1アーム4Aの端部にボール3を載せるティーと連結した位置関係固定手段としての連結部材6を設けてもよい。ここでは、連結部材6として、図に示す連結プレートを用いているが、テープやひもなどを用いることもできる。この構成によれば、予めインパクト点と各受波位置との位置関係が分かっているため、プレイヤーが第1受波器21Aとティーとの距離を実測してセンサ装置1をセットする作業が必要ない。

【0081】また、本実施形態では、地面がほぼ水平であることを前提として速度ベクトルVを算出し、クラブヘッド2aの速さ及びその移動方向を測定したが、測定場所によっては、センサ装置1の第1アーム4Aと第2アーム4Bとを含む平面が水平面に対して傾いた状態でセットされることも考えられる。この状態では、測定結果に誤差が出るという不具合が生じる。そこで、上記センサ装置1に、図8に示すような水平計手段としてのリニア傾斜センサ7を設けてもよい。このリニア傾斜セ

ンサ7は、センサ装置1を水平でない地面にセットしたときに、そのセンサ装置1が水平に対して何度傾いているかを検出することができる。よって、このリニア傾斜センサ7により検出された角度に基づいて、上記ROM42に格納された位置座標データを実際の位置座標データに補正することができ、正確な速度測定が可能となる。

【0082】尚、上記リニア傾斜センサ7としては、例えば、OMRON社製D5R-L02-15を利用することができる。このリニア傾斜センサ7は、傾斜検出軸7aが水平方向に対して何度傾いているのかを計測することができる。よって、図8のように、各傾斜検出軸が上記直交座標系におけるX軸方向及びY軸方向にそれぞれ平行となるように、2つのリニア傾斜センサ7を設けることで、水平面について360度方向の角度検出が可能となる。

【0083】また、上記実施形態では、1つの演算部41で、各部の制御や各種の演算等の処理を行う構成について説明したが、上記演算部41で行っていた処理を複数の演算部に分散する構成としてもよい。例えば、各部の制御処理を行う演算部と、各超音波受波部20A、20B、20Cのメモリ30に格納された周波数データから相対速度を算出するための演算部をそれぞれの超音波受波部に設け、これら演算部の演算結果を統括して処理する別個の演算部を更に設ける構成としてもよい。この場合、上記衝撃音検出回路31からの衝撃音検出信号を受け取ったとき、各超音波受波部20A、20B、20Cの演算部で演算された各相対速度の中から、インパクト点におけるクラブヘッド2aの相対速度を特定するようにしてもよい。

【0084】また、上記実施形態では、衝撃音検出回路31を第1超音波受波部20Aにだけ設け、衝撃音を第1受波器21Aが受波したタイミングに基づいて測定を行ったが、超音波受波部ごとにそれぞれ設けた構成としてもよい。また、本実施形態では、衝撃音検出回路31で検出される衝撃音を受け取る手段として、受波手段としても用いられる第1受波器21Aを兼用したが、これとは別個のマイク等の集音手段を設ける構成であってもよい。また、測定タイミング検出手段は、本実施形態のように音を検出するものに限らず、例えば、光学的又は機械的に、インパクト点にクラブヘッド2aが到達したことを検出するものであってもよい。例えば、光学的な測定タイミング検出手段としては、インパクト点直前に到達したクラブヘッド2aを検出できる反射式又は透過式の光学センサを配置し、その光学センサからの信号に基づいて測定タイミングを検出するものなどが挙げられる。また、機械的な測定タイミング検出手段としては、ボール3の真下にリミットスイッチ等を配置し、そのリミットスイッチ等からの信号に基づいて測定タイミングを検出するものなどが挙げられる。このような測定タイ

ミング検出手段を用いる場合には、インパクト直前のクラブヘッド2aからの反射波が受波されるタイムラグを計算に入れて、サンプリングした周波数データの中から、インパクト直前の反射波に基づく周波数データを特定する必要がある。

【0085】また、上記実施形態は、ゴルフクラブのヘッド速度測定以外にも、野球のバットのヘッド、ピッチャーの投げるボール、円盤投げやハンマー投げの投擲物などの任意の測定地点での速さや移動方向なども測定することが可能である。

【0086】

【発明の効果】請求項1乃至9の発明によれば、送波手段及び受波手段という比較的安価なものを用いて測定を行うことができ、しかも、そのデータ処理は画像処理に比べて簡単な演算で済むので、多数のカメラを用いる従来装置のような複雑な構成を必要としないで、測定対象物の実際の速さを正確に測定することができ、かつ、その移動方向も測定することができるという優れた効果がある。

【0087】特に、請求項2乃至4の発明によれば、測定対象物が高速に移動する場合や、測定対象物が測定地点に到達するタイミングが予め把握できない場合であっても、測定地点でのドップラー信号成分を容易にかつ確実に得ることができるという優れた効果がある。

【0088】また、請求項4の発明によれば、演算処理の量が少なくて済むという優れた効果がある。

【0089】また、請求項5の発明によれば、測定対象物が水平面等の所定の基準面においてズレた角度を測定することができるという優れた効果がある。

【0090】また、請求項6の発明によれば、測定対象物が水平面等の所定の基準面に対してズレた角度を測定することができるという優れた効果がある。

【0091】また、請求項7の発明によれば、複数の受波器のうちの1つと測定地点との位置関係を固定すれば、すべての受波器と測定地点との位置関係を固定することができ、測定装置のセット作業が簡単になるという優れた効果がある。

【0092】また、請求項8の発明によれば、受波器支持部材が水平面に対して傾いた状態で配置されたとしても、測定対象物の速さ及びその移動方向を正確に測定することができるという優れた効果がある。

【0093】また、請求項9の発明によれば、測定を開始する前に、測定地点に対して受波手段による各受波位置器を適切に配置するような作業が必要なくなり、測定装置のセット作業が簡単になるという優れた効果がある。

【0094】請求項10及び11の発明によれば、送波手段及び受波手段という比較的安価なものを用いて測定を行うことができ、しかも、そのデータ処理は画像処理

に比べて簡単な演算で済むので、多数のカメラを用いる従来装置のような複雑な構成を必要としないで、予め移動方向が判っていない測定対象物に対しても、その測定対象物の正確な速さを測定することができるという優れた効果がある。

【0095】請求項12及び13の発明によれば、送波手段及び受波手段という比較的安価なものを用いて測定を行うことができ、しかも、そのデータ処理は画像処理に比べて簡単な演算で済むので、多数のカメラを用いる従来装置のような複雑な構成を必要としないで、測定対象物の移動方向を測定することができるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態におけるセンサ装置の概略構成を示す外観図。

【図2】実施形態に係る測定装置全体の概略構成を示すブロック図。

【図3】インパクト点を原点とした直交座標系について、同センサ装置における各受波器の位置を示す説明図。

【図4】同測定装置における測定実行プログラムを実行する演算部の処理動作を示すフローチャート。

【図5】相対速度ベクトル V_r と速度ベクトル V との関係を示す説明図。

【図6】同演算部が算出した速度ベクトルの向きを説明するための説明図。

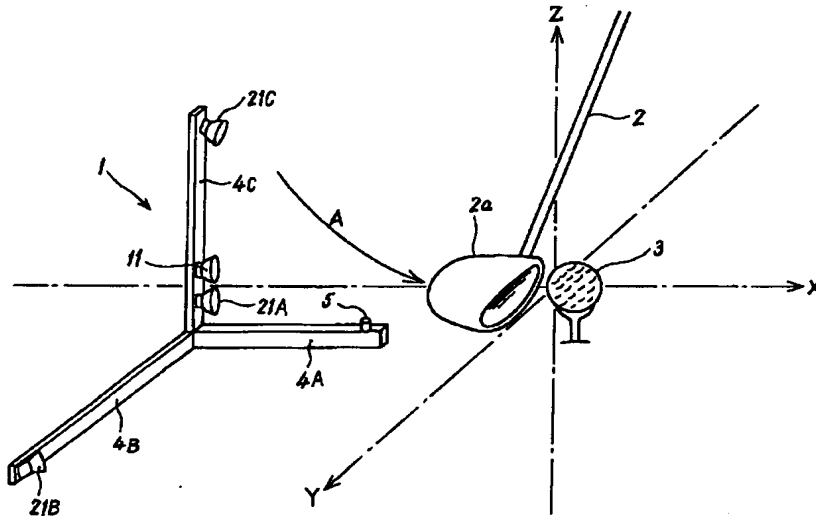
【図7】同センサ装置の変形例を示す概観図。

【図8】同センサ装置に設けらるリニア傾斜センサの外観図。

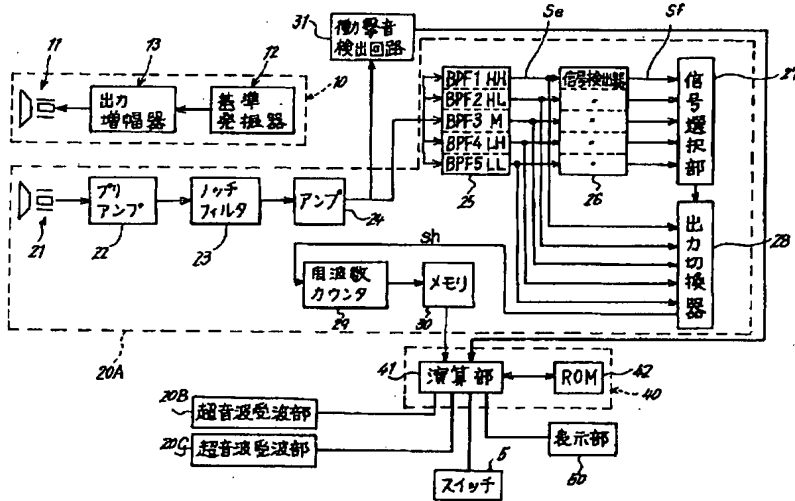
【符号の説明】

- | | |
|---------------|----------|
| 1 | センサ装置 |
| 2 | ゴルフクラブ |
| 2a | クラブヘッド |
| 3 | ボール |
| 4A, 4B, 4C | アーム |
| 5 | スタートボタン |
| 6 | 連結部材 |
| 7 | リニア傾斜センサ |
| 10 | 超音波送波部 |
| 11 | 送波器 |
| 20 | 超音波受波部 |
| 21A, 21B, 21C | 受波器 |
| 29 | 周波数カウンタ |
| 30 | メモリ |
| 31 | 衝撃音検出回路 |
| 40 | 信号処理部 |
| 41 | 演算部 |
| 42 | ROM |
| 50 | 表示器 |

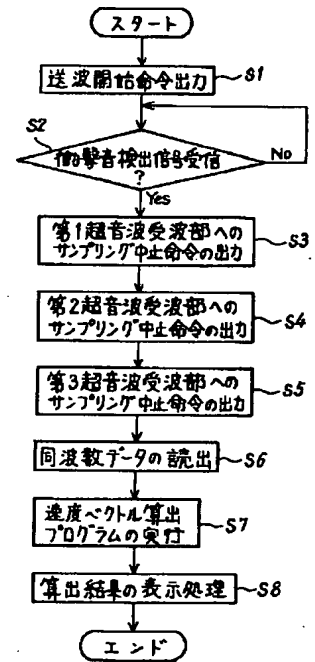
【図1】



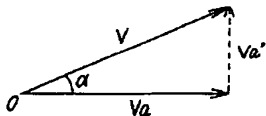
【図2】



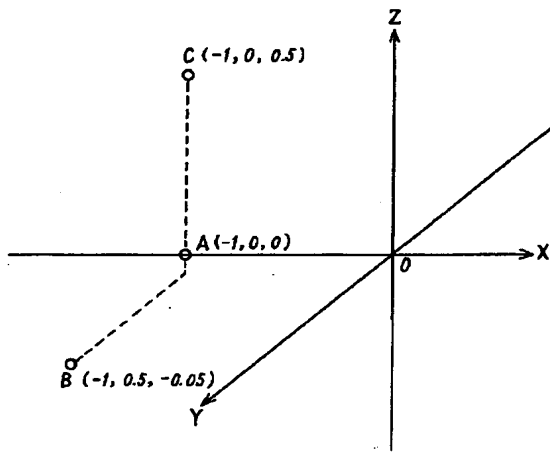
【図4】



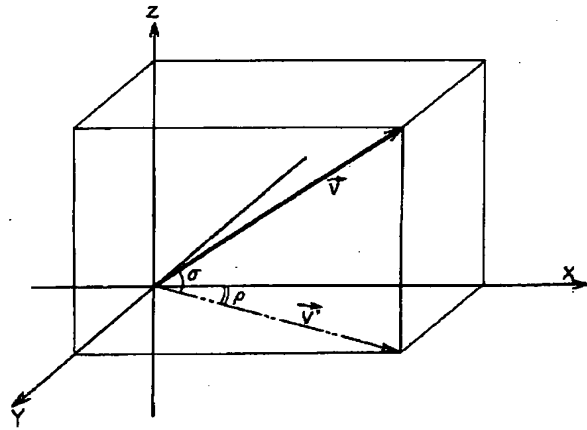
【図5】



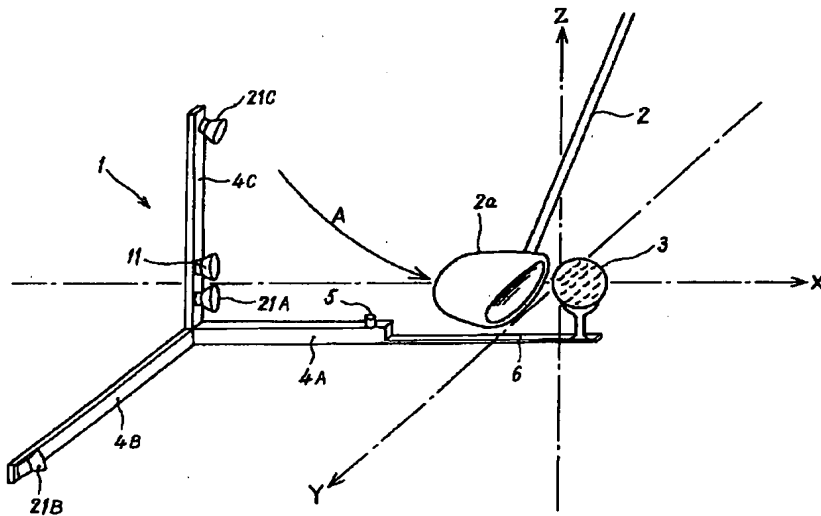
【図3】



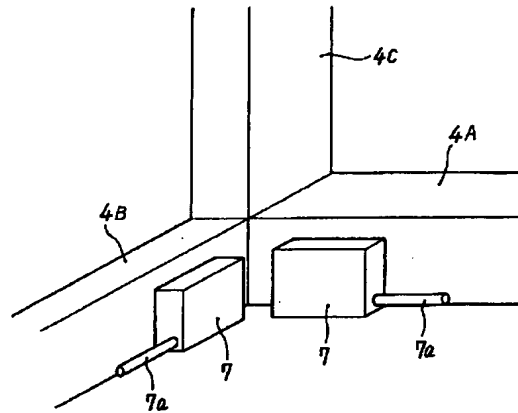
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 吉尾 利彦
鳥取県鳥取市北村10番地3 リコーマイク
ロエレクトロニクス株式会社内

Fターム(参考) 5J083 AC28 AD08 AD15 AE10 BE54
CA03